

BAB 1

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Industri tekstil berperan besar dalam perekonomian, namun sering menghasilkan limbah cair yang mengandung zat warna, sehingga menimbulkan dampak negatif ke lingkungan (Zhu dkk., 2020). Zat warna sintetik, seperti *Remazol Black B* banyak digunakan untuk pewarnaan kain, terutama untuk menghasilkan warna hitam. Zat warna ini sengaja dirancang agar tahan terhadap perubahan keasaman, suhu, dan aktivitas mikroorganisme. Meskipun memberikan keuntungan dalam penggunaannya, sifat tahan lama tersebut justru beresiko merusak lingkungan jika limbahnya tidak diolah dengan tepat sebelum dibuang (Ayuni dkk., 2016).

Remazol Black B (RBB) dapat menyebabkan pencemaran perairan, mengganggu keseimbangan ekosistem akuatik, dan bersifat toksik serta karsinogenik (Ayuni dkk., 2016). Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan limbah yang efektif sebelum dibuang ke lingkungan. Salah satu pendekatan yang sesuai dengan standar baku mutu pemerintah dalam pengolahan limbah zat warna adalah penggabungan metode adsorpsi dan fotokatalisis (Changmai & Purkait, 2021). Metode adsorpsi dikenal sebagai teknik yang sederhana, ekonomis, hemat energi, dan ramah lingkungan dengan efisiensi yang tinggi. Sementara itu, fotokatalisis memiliki keunggulan dalam mendegradasi senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya, seperti CO₂ dan H₂O. Kombinasi kedua metode ini dinilai efektif untuk menghilangkan polutan organik

yang sukar terurai, termasuk zat warna tekstil seperti RBB (Rahman & Sulistyowati, 2023).

Salah satu bentuk material yang dapat digunakan untuk mengintegrasikan proses adsorpsi dan fotokatalisis adalah membran (Diaz & Kim, 2015). Dalam aplikasinya, membran memiliki sejumlah keunggulan, antara lain dapat dioperasikan secara kontinu, membutuhkan konsumsi energi yang relatif rendah, dan memiliki fleksibilitas untuk dikombinasikan dengan metode atau material pemisahan lainnya (Lusiana & Prasetya, 2020). Membran berperan sebagai media penjerap polutan zat warna sekaligus sebagai tempat berlangsungnya reaksi fotokatalitik yang menguraikan zat warna menjadi senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya dengan bantuan fotokatalis. Dengan demikian, efisiensi pengolahan limbah dapat ditingkatkan karena proses adsorpsi dan fotokatalisis berlangsung secara sinergis dalam satu sistem (Baker., 2023).

Salah satu material membran yang aman dan mempunyai kemampuan baik menyerap zat warna adalah kitosan (CS). Kitosan merupakan polimer alami yang dihasilkan melalui proses deasetilasi kitin. Keberadaan gugus fungsi amina dan hidroksil pada struktur kitosan memberikan kemampuan adsorpsi yang cukup tinggi baik terhadap berbagai kation logam berat maupun senyawa organik lainnya (Rohmah dkk., 2022). Pada sisi lain, membran kitosan dalam bentuk murni memiliki beberapa keterbatasan, antara lain kekuatan mekanik yang relatif rendah serta kapasitas adsorpsi yang masih terbatas. Oleh sebab itu, kitosan sering dikombinasikan dengan polyvinyl alcohol (PVA), yaitu polimer yang bersifat larut dalam air, fleksibel, dan mampu meningkatkan kestabilan mekanik membran (Wu

dkk., 2022). PVA memiliki rantai molekul dengan kandungan gugus hidroksil yang tinggi, sehingga memungkinkan terjadinya interaksi berupa ikatan hidrogen dengan polutan organik dalam air limbah dan pada akhirnya meningkatkan kemampuan adsorpsi membran.

Kombinasi kitosan dan PVA dapat meningkatkan efisiensi adsorpsi dan memperbaiki sifat mekanik membran, namun proses adsorpsi pada dasarnya hanya memindahkan polutan dari fase cair ke fase padat tanpa menguraikannya menjadi senyawa yang lebih aman bagi lingkungan (Nguyen dkk., 2020). Oleh karena itu, diperlukan penggabungan metode adsorpsi dengan proses fotokatalisis untuk mengatasi keterbatasan tersebut.

ZnO merupakan salah satu material fotokatalis yang banyak dikaji karena memiliki stabilitas termal dan kimia yang baik, ketersediaan bahan yang melimpah, serta biaya yang relatif rendah (Alzahrani, 2018). Namun demikian, ZnO memiliki keterbatasan dalam efisiensi fotodegradasi yang disebabkan oleh tingginya laju rekombinasi pasangan elektron-hole (Piras dkk., 2022). Selain itu, nilai celah pita energi ZnO yang cukup besar, yaitu sekitar 3,37 eV, menyebabkan aktivitas fotokatalitiknya hanya efektif di bawah penyinaran ultraviolet, sehingga pemanfaatan cahaya tampak yang dominan di lingkungan menjadi terbatas (Senasu dkk., 2021). Untuk meningkatkan kinerja fotokatalitik ZnO, salah satu pendekatan yang banyak diterapkan adalah doping menggunakan Nitrogen (N). Proses doping ini bertujuan untuk menekan laju rekombinasi elektron-hole dan memperluas daerah serapan cahaya ZnO hingga ke wilayah cahaya tampak. Keberadaan nitrogen sebagai dopan pada ZnO dapat menurunkan nilai celah pita energi,

sehingga proses fotokatalitik dapat diaktifkan dengan penyinaran cahaya tampak. Kusumawardan (2009) menyatakan bahwa peningkatan jumlah nitrogen yang terdoping menyebabkan pergeseran dan perluasan daerah serapan cahaya ke wilayah spektrum tampak.

Penelitian ini melakukan sintesis ZnO-N dan membran kitosan yang dimodifikasi dengan PVA dan dikombinasikan dengan ZnO-N untuk mendekolorisasi larutan zat warna *Remazol Black B* (RBB). Karakterisasi ZnO-N dilakukan menggunakan FTIR, XRD, dan UV-Vis DRS. Sementara itu, membran dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX, serta diuji sifat fisiknya yang meliputi berat dan ketebalan membran, derajat pengembangan (*swelling degree*), serapan air (*water uptake*), porositas, dan sudut kontak.

I.2 Tujuan Penelitian

1. Melakukan sintesis ZnO-N dan membran CS/PVA/ZnO -N.
2. Mengkarakterisasi ZnO -N dan membran CS/PVA/ZnO-N.
3. Menentukan efektivitas kinerja membran CS/PVA/ZnO-N dalam proses dekolorisasi zat warna *Remazol Black B*.